

⑫ 公開特許公報(A)

平3-91227

⑬ Int. Cl.:

H 01 L 21/02
C 30 B 33/06

識別記号

B

庁内整理番号

7454-5F
7158-4G

⑭ 公開 平成3年(1991)4月16日

審査請求 未請求 請求項の数 5 (全 10 頁)

⑮ 発明の名称 半導体基板の接着方法

⑯ 特 願 平1-228130

⑰ 出 願 平1(1989)9月1日

⑱ 発 明 者 堅 田 満 孝 愛知県西尾市下羽角町岩谷14番地 株式会社日本自動車部品総合研究所内

⑱ 発 明 者 鶴 田 和 弘 愛知県西尾市下羽角町岩谷14番地 株式会社日本自動車部品総合研究所内

⑱ 発 明 者 藤 野 誠 二 愛知県西尾市下羽角町岩谷14番地 株式会社日本自動車部品総合研究所内

⑱ 発 明 者 小 野 田 真 稔 愛知県西尾市下羽角町岩谷14番地 株式会社日本自動車部品総合研究所内

⑲ 出 願 人 株式会社日本自動車部品総合研究所 愛知県西尾市下羽角町岩谷14番地

⑳ 代 理 人 弁理士 岡 部 隆 外1名

明 細 書

1. 発明の名称

半導体基板の接着方法

2. 特許請求の範囲

(1) 2枚の半導体基板の各接合面を鏡面研磨し、各研磨面をそれぞれ親水化处理し、この親水性とされた接合面同士を直接密着し、しかる後これを加熱処理して前記2枚の半導体基板を相互に接合する半導体基板の接着方法であって、

前記研磨面の親水化处理において、前記2枚の半導体基板のうち少なくとも一方の半導体基板の研磨面の親水化处理は、この研磨面に酸素イオンあるいは酸素ラジカルとの反応による酸化層を形成させることにより行われるものであることを特徴とする半導体基板の接着方法。

(2) 前記親水化处理によって前記一方の半導体基板の研磨面に形成された酸化層の膜厚は、15Åより大であることを特徴とする請求項1記載の半

導体基板の接着方法。

(3) 前記親水化处理前の前記一方の半導体基板において、その接合面と対向する端面には金属配線が施された半導体素子が形成されていることを特徴とする請求項1もしくは2に記載の半導体基板の接着方法。

(4) 前記密着された2枚の半導体基板に対する加熱処理は、前記一方の半導体基板の端面に形成された半導体素子のシンタリングに相当する熱処理温度で行われるものであることを特徴とする請求項3記載の半導体基板の接着方法。

(5) 前記加熱処理時に、前記密着された2枚の半導体基板の接合面間に電界を印加し、前記接合面間に発生する静電力により前記2枚の半導体基板の反りを補償するようにしたことを特徴とする請求項1ないし4のいずれかに記載の半導体基板の接着方法。

3. 発明の詳細な説明

〔産業上の利用分野〕

本発明は、半導体基板の接着方法に関する。

〔従来の技術〕

半導体基板としてシリコン基板が用いられているが、このシリコン同士を接着する方法としてウェハ直接接合法が知られている。この方法によれば、接合界面には接着剤等による中間層が存在しないため、熱歪による影響を解消することができるとして注目されている。

次に、第7図(a)~(c)を用いてこのウェハ直接接合法を説明する。まず、鏡面研磨されたシリコンウェハ表面の自然酸化膜を HF 等により除去し、シリコン原子を表面に露出した後、例えば H_2SO_4 - H_2O_2 を混合した液温90℃の酸性溶液に浸漬することにより表面にシラノール基($\text{Si}-\text{OH}$)を形成させる。続いて、この親水化処理されたウェハの鏡面同士を第7図(a)に示すように表面の水酸基($-\text{OH}$)による水素結合によって密着させる。さらに、800℃以上の熱処理を N_2 雰囲気

あるいは酸素雰囲気中で行い、第7図(b)に示すように2枚のウェハ間で $\text{Si}-\text{O}-\text{Si}$ 結合を形成し強固に接着させるものである。あるいは、1000℃以上の熱処理を施すことにより、第7図(c)に示すように O を Si 内部に拡散させて $\text{Si}-\text{Si}$ の結合を形成し強固に接着させるものである。

従って、接合界面には Si 、 O 、 H 原子のみが存在するだけであり、腐食等の心配がなく、化学的に安定である。また、この接合法をセンサ等構成において検知部としての素子部と支持部としての台座との接合に適用すれば、同一材料で一体化が可能となり、すなわち熱膨張係数を一致させることができ、温度変化による歪発生が原因の温度ドリフト等の問題を解消することができる。

〔発明が解決しようとする課題〕

しかしながら、この方法で、例えば3インチウェハを全面均一に接合させるためには、800℃以上の熱処理が必要である。なぜならば、800℃以下の比較的低温の熱処理では、脱水反応で発

- 3 -

生する H_2 、 H_2O 等の分子離脱に起因して、未接合部分が多く発生してしまうからである。

また、接合強度を $1\text{ kgf}/\text{cm}^2$ 以上に向上させようとする、1100℃以上の熱処理が必要である。

さらに、ウェハ表面にシラノール基を形成するためには前述の如く酸性溶液中に浸漬する必要があるが、素子形成後この処理を行うには Al 、 Au 等の配線の腐食を防ぐため素子形成面を耐酸性の保護膜で被覆する必要があり、工程数の増加を招いてしまう。また、上記 Al 、 Au 等の配線を施したウェハでは加え得る熱処理温度は高々450℃であり、とても $1\text{ kgf}/\text{cm}^2$ 以上の接合強度を得ることは不可能である。

従って、例えば高圧用圧力センサにおいて、素子部(検知部)と台座との接合において従来のウェハ直接接合法を適用しても十分な耐圧を得ることができないという問題があった。

本発明は上記問題を鑑みてなされたもので、従来法よりも比較的低い温度の加熱処理で所望の強

- 4 -

固な接合強度が得ることのできる半導体基板の接着方法を提供し、例えば Al 等の配線を施した素子形成面を有するウェハであっても、素子部を損傷することなく、他のウェハと直接接合することができ、なおかつ、所望の高い接合強度を達成しようとするものである。

〔課題を解決するための手段〕

本発明は上記目的を達成するために、半導体基板の接着方法において半導体基板の研磨面に対する親水化処理を、従来法のように酸性溶液(H_2SO_4 - H_2O_2)中に浸漬して親水性とするのではなく、研磨面を酸素イオンあるいは酸素ラジカルと反応させることにより、研磨面表面に酸化層を形成させて親水性とするものであることを特徴とする。

〔作用〕

半導体基板の研磨面を酸素イオンあるいは酸素ラジカルと反応させると、後に詳述するように表

- 5 -

- 6 -

面酸素濃度が比較的高く、かつ従来法によるものよりも厚い酸化層が形成されることが、本発明者らによって確認されている（第5図参照）。

すなわち、この酸化層により、基板研磨面において従来法に比して単位面積あたりのシラノール基の数は多くなり、水素結合力が向上されることを示している。

また、水素結合の密度も高くなり、2枚の半導体基板の接合面間隔も短くなることから、両基板間の原子移動も容易となる。すなわち、比較的低い温度で水素結合からSi-O-Siの共有結合に変わるため、密着させた2枚の半導体基板に対する加熱処理において、従来法より低い温度であっても高い接合強度を実現することができる。なお、本発明者らは本発明により高圧用圧力センサとして所有される 1 kgf/cm^2 以上の接合強度を後述するように従来法では達成できなかった450℃の加熱処理で達成している。

〔実施例〕

- 7 -

波電源33に接続された電極32上に、鏡面研磨された面をアースに接続された電極31に対向させたいわゆるカソードカップルの状態に設置されている。その状態で、まず真空系30の内を真空引きにより1Pa以下にし、その後ガス導入口34より酸素ガス O_2 を導入し、高周波電源33の電力によって電極31、32間に放電を起こし、酸素プラズマを発生させる。この時のガス圧は1~25Pa、放電電力は100~800W/㎡程度でよい。これにより、基板10、20表面は酸素プラズマに曝され表面に各々プラズマ酸化層11、21が形成されることになる。

なお、第1図(a)に示す工程において、酸素プラズマ中には酸素ラジカル（図中 O^\bullet ）あるいは酸素イオン（図中 O^+ ）が存在し、これらは化学的に活性な状態にあるため、常温中でも容易に酸化反応を進行させられる。さらに、半導体基板は上記のようにカソードカップルの状態で設置されるため、酸素イオンは半導体基板上に到達しやすく、そのため酸化反応は促進する。また、プラズマ発

- 9 -

以下、本発明を図に示す実施例に基づいて説明する。

（第1実施例）

第1図(a)~(c)は本発明第1実施例を示す工程図である。

まず、少なくとも一方の面が鏡面研磨された第1半導体基板10と第2半導体基板20を、例えばトリクレン煮沸、アセトン超音波洗浄及び純水洗浄を順次施すことにより十分洗浄する。その後、 $\text{HF}:\text{H}_2\text{O}=1:50$ の混合液により自然酸化膜を除去した後、第1図(a)に示すように最高到達真空度1Pa以下にすることが可能な真空系30にこの2つの半導体基板10、20を設置する。真空系30には電極31、32が設けられており、一方の電極31をアースとし、もう一方の電極32には高周波電源33が接続されている。すなわち、ガス導入口34からガスを真空系30内に導入すると、この電極間において導入されたガスのプラズマが発生する構造となっている。なお、第1半導体基板10及び第2半導体基板20は高周

- 8 -

生領域に面した基板面は一方の面のみであり、もう一方の面へのプラズマ損傷はない。さらに、常温中での処理であるために、酸化を行わないもう一方の面に素子が形成されていても、素子特性の劣化を導くことはない。

このようにしてプラズマ酸化層11、21を形成した後、純水中にて洗浄し、乾燥窒素等による乾燥を行い、基板表面に吸着する水分量を制御する。この後、第1図(b)に示すごとく、第1半導体基板10のプラズマ酸化層11を形成した面と第2半導体基板20のプラズマ酸化層21を形成した面同士を密着させる。これにより、2枚の基板10、20は表面に形成されたシラノール基及び表面に吸着した水分子の水素結合により接合する。さらに、この接合した基板10及び20を10Torr以下の真空中にて乾燥させる。このとき、基板10及び20の反りを補償するため、30gf/cm以上の荷重を印加してもよい。

さらに、第1図(c)に示すごとく、この接合状態にある基板10及び20を到達真空度10Torr以

- 10 -

下が可能な真空系40内におき、接着界面に存在する過剰な水分子を抜きながらヒータ41により200～600℃の熱処理を加えて接合する。

ここで、本実施例のように第1図(a)に示す酸素プラズマ処理により酸化層を形成した基板面と、従来のように酸性溶液($H_2SO_4 + H_2O_2$)の酸化によって親水化処理された基板面とにおいて、XPS法で測定したOとSiのピーク比の深さ方向の分布を、それぞれ第5図の特性線A、Bに示す。なお、第5図において、曲線CはHF溶液によって表面の自然酸化膜を除去したものの、すなわち上述のプラズマ処理あるいは親水化処理を加える前の基板面の状態を示す特性線である。第5図に示すように、プラズマ処理によるものでは、基板表面において酸素量が多く、しかも深く(従来法では高々15Å程度であった)まで浸入している。そのため、単位面積あたりのシラノール基の数は多くなり、第1図(b)に示す工程において、水素結合力が従来のものに比べて向上される。さらに、基板10および20の接着界面における

水素結合の密度は高く、また基板間距離も短くなるため、2つの基板間における原子移動が容易となる。すなわち、第1図(c)に示す工程において、比較的低い温度で水素結合からSi-O-Siの共有結合に変わるため、 H_2O 分子離脱に起因した接合界面での未接合部分の発生はなく、従来のような高温による熱処理でなくても比較的低い温度による熱処理によって高い接合強度を実現することができる。

なお、上記第1実施例においては接合する第1半導体基板および第2半導体基板の両方に酸素プラズマ処理によりプラズマ酸化層を形成するものであったが、どちらか一方のみに行うものであってもよい。次に、第1半導体基板は第1実施例のように酸素プラズマ処理により親水化処理し、第2半導体基板は従来のように酸性溶液($H_2SO_4 - H_2O_2$)の酸化により親水化処理したものを例にとり、本発明第2実施例を説明する。

(第2実施例)

第2図(a)～(c)は本発明第2実施例を示す工程図

- 11 -

である。

まず、第2図(a)のごとく、第1図(a)に示す工程と同様にしてプラズマ酸化処理を第1半導体基板10の鏡面研磨された面に施し、プラズマ酸化層11を形成する。なお、第2半導体基板20の鏡面研磨面には、公知の熱酸化、化学的気相成長法、スパッタ、蒸着等の方法により酸化膜22を形成し、さらに、 $H_2SO_4 - H_2O_2$ 混合液中に液温80℃以上で浸漬する化学的表面処理を施しておく(図示略)。

そして、所定の処理を施した2つの基板10および20を純水中にて洗浄し、乾燥窒素等による乾燥を行い、基板表面に吸着する水分子量を制御した後、第2図(b)に示すように、第1半導体基板10のプラズマ酸化層11を形成した面と第2半導体基板20の酸化層22を形成した面同士を、前述の第1図(c)に示す工程と同様にして密着させる。

続いて、第2図(c)に示すように、接着している接合基板の両面、すなわち上面15および下面2

- 12 -

5にそれぞれ電極43、44を接続する。そして、直流電源42を接続して電圧を印加しながら、ヒータ41により200～600℃で1hr以上の熱処理を行う。これにより静電界によるクーロン力がウェハ間で均一に発生し、荷重では補償できない微小領域のウェハの反りが補償され、接合の均一性を確保することができる。

なお、本実施例においても、上記第1実施例と同様に600℃以下の比較的低い温度による熱処理でも、従来のように H_2O 分子離脱に起因した接合界面での未接合部分の発生はなく、2枚の基板を強固に接合することができる。

次に、上記第1および第2実施例による接合基板の接合強度を第6図に示す。なお、両実施例とも450℃で2時間の熱処理を加えたものである。また、比較のために、従来のように $H_2SO_4 - H_2O_2$ の混合液の酸化による親水化処理を施し、450℃で2時間あるいは1100℃で1時間の熱処理を加えたものの接合強度を、各々従来例A、従来例Bとして第6図に示してある。第6図に示

- 13 -

- 14 -

すように、従来の $H_2SO_4-H_2O_2$ の混合液による処理では1000℃以上の熱処理でなければ $1\text{ kgf}/\text{cm}^2$ 以上の接合強度を得ることができない。しかしながら、第1および第2実施例においては、450℃、2時間の熱処理によっても $1\text{ kgf}/\text{cm}^2$ 以上の接合強度を実現できる。特に、熱処理工程時に電界を印加した第2実施例によるものにおいては、 $1\text{ kgf}/\text{cm}^2$ より大の接合強度が良好に得られており、電界印加による接合均一性の向上が確認できる。なお、450℃、2時間の熱処理は、通常の半導体装置製造工程において素子表面上に形成した電極のシンタリングに対応する程度の熱負荷である。また、第1および第2実施例において、第1半導体基板10に施される処理は前述のごとく有機溶剤、純水、希フッ酸の薬液処理と接合面への常温でのプラズマ酸化処理のみであるので接合を行わない面上に半導体素子を形成した後接合を行っても素子の不純物の拡散形状の変化あるいは配線電極の損傷等、素子特性の変化または劣化といった影響を及ぼすことはな

く、従来のように耐酸性保護膜形成等工程数を増やす必要もないために、2枚の半導体基板の接合は簡便に達成できる。

なお、上記第1および第2実施例においては、酸素プラズマ処理を施す第1半導体基板の鏡面（接着面）はシリコン原子を露出させたSi面であったが、熱酸化、化学的気相成長法、スパッタ、蒸着等により酸化膜を形成しておき、 SiO_2 面としておいてもよい。なお、素子部が形成されA₂配線等が配設されているものにおいては、前述の如く加え得る熱処理温度は高々450℃であるから、これを超える高温処理を必要とする熱酸化は除く必要がある。

次に、上記第1および第2実施例と同様の効果が得られる第1半導体基板および第2半導体基板の親水化のための表面処理を行う接着面およびその表面処理法の組み合わせを第1表に示す。なお、第1半導体基板にはA₂配線等を施した素子部が既に形成されているものを想定した。（以下余白）

- 15 -

- 16 -

第1半導体 基板	接 着 面	Si	Si	SiO ₂	SiO ₂
		酸素プラズマ処理 あるいは 酸性溶液処理	酸素プラズマ処理 あるいは 酸性溶液処理	酸素プラズマ処理 あるいは 酸性溶液処理	酸素プラズマ処理 あるいは 酸性溶液処理
第2半導体 基板	接 着 面	Si	SiO ₂	SiO ₂	Si
		酸素プラズマ処理 あるいは 酸性溶液処理	酸素プラズマ処理 あるいは 酸性溶液処理	酸素プラズマ処理 あるいは 酸性溶液処理	酸素プラズマ処理 あるいは 酸性溶液処理

第 1 表

また、上記種々の実施例においては酸素イオンあるいは酸素ラジカルによる酸化層の形成が、カソードカップルによる放電によって形成する酸素プラズマ処理によるものであったが、この方法に限らず、例えば電子サイクロトロン共振法、イオン注入法等によって形成してもよい。

次に、第3図を用いて本発明を適用した半導体式圧力センサについて説明する。

第3図(a)は、上記第1実施例の接着方法を適用して製造した半導体式圧力センサの一例を示す構造図である。図に示す如く、本圧力センサは検知部50と台座60から構成されている。検知部50はn型半導体基板51の一方の面にp型拡散層52が形成されており、拡散歪ゲージとなしてある。なお、この面上には保護膜53が被着されており、p型拡散層52と電気的接続をとるためのコンタクトホール54、55が設けられ、電極56、57が配線されている。また、n型半導体基板51のp型拡散層52と対向するもう一方の面には、例えばアルカリ溶液による異方性エッチあ

- 17 -

- 18 -

るいは弗硝酸による等方性エッチ等の公知の方法によりダイヤフラム 58 が加工されている。一方、検知部 50 と同じ半導体基板から構成される台座 60 には、圧力導入ポート 61 が配設されている。

上述の所定の素子形成、加工処理を施した検知部 50 と台座 60 となる半導体基板を、各々第 1 半導体基板、第 2 半導体基板とし、各々所定の面、すなわち第 1 半導体基板においては素子形成面と対向する面、第 2 半導体基板においては一方の面を鏡面研磨しておく。そして、第 1 図(a)~(c)に示す工程にしたがい、この鏡面研磨された第 1 および第 2 半導体基板の所定の面にプラズマ酸化層 59、62 を形成し、このプラズマ酸化層 59、62 を介して第 1 半導体基板のダイヤフラム 58 と第 2 半導体基板の圧力導入ポート 61 を位置合わせして接合する。

このようにして製造された圧力センサは、台座と検知部が同一材料でしかも接着剤等の中間層を介さず一体化されているので、化学的にも安定

であり、また熱膨張係数の差による温度ドリフトが問題となることもない。

また、拡散層 52、電極 57 等の素子形成後に検知部 50 と台座 60 を接合しているが、前述のように高圧用センサとして高い接合強度を得るためにこの接合工程時において従来のような高温による熱処理を必要としないため、上記素子部の素子特性が熱処理の高温によって変化あるいは劣化することはない。また、接合面の親水化処理において従来のように酸性溶液中に浸漬することもないため、耐酸性溶液用の保護膜を特別に素子形成面に被着する必要もなく、また素子形成も通常の工程により行えるため、工程数の増加あるいは工程の変更等の必要がない。

同様に、上記第 2 実施例を適用して製造した半導体式圧力センサの構造例を第 3 図(a)に示す。第 3 図(a)に示すものとの違いは、台座 60 の検知部 50 と接合面に酸化膜 63 が形成され、なおかつ第 2 図(c)に示す工程において検知部 50 と台座 60 との間に電圧を印加するために、n 型基板 51

- 19 -

との導通孔 70 が保護膜 53 に開口されていることである。なお、この導通孔はウェハ全面で接合するときは必ずしも個々の素子に必要はない。この第 3 図(a)に示すものは、第 3 図(a)に示すものの効果に加え、第 2 図(c)に示す工程において、導通孔 70 を介して検知部 50 と台座 60 との間に電圧が印加されることにより、前述のように電圧印加による静電界によって接合均一性が向上され、より高い接合強度で検知部 50 と台座 60 を接合することができる。

また、第 4 図(a)~(d)に本発明を適用した薄膜 SOI の形成方法を示す。

例えば、不純物濃度 $1 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ 以上、厚さ $200 \mu\text{m}$ 以上の p 型高濃度層 83 の表面を鏡面研磨して、この鏡面上に例えば不純物濃度 $1 \times 10^{17} / \text{cm}^3$ 以下、厚さ $0.1 \sim 2 \mu\text{m}$ の p 型エピタキシャル層 81 を形成した半導体基板 80 を、第 4 図(a)に示す如く真空系 30 内に設置し、第 1 図(a)に示す工程と同様にしてプラズマ酸化処理を施し、プラズマ酸化層 82 を形成する。

- 20 -

また、少なくとも一方の面が鏡面研磨された p 型半導体基板 90 の鏡面に熱酸化、CVD、スパッタ、蒸着、SOC 法等によって酸化膜 91 を形成しておき、次に第 4 図(b)に示すように、両基板 80 および 90 を第 2 図(b)、(c)に示す工程と同様にして、各々エピタキシャル層 81 形成面および酸化膜 91 形成面とを密着して接合する。なお、この場合は Al 配線等は施されていないため、接合温度は 800°C まであけてもよい。

しかる後、第 4 図(c)に示すように機械的研磨法により高濃度層 83 を厚さ $30 \mu\text{m}$ 以下となるまで研磨し、鏡面仕上げを行う。

しかる後、フッ酸、硝酸、酢酸混合液により高濃度層 83 を選択的にエッチングを行い、低濃度エピタキシャル層 81 のみを残し、第 4 図(d)のごとく薄膜の SOI 層を形成する。このとき、高濃度層 83 と低濃度エピタキシャル層 81 のエッチング選択比は 100 程度まで可能となるので、例えば高濃度層 83 の残り厚さは $10 \mu\text{m} \pm 5 \mu\text{m}$ とすると低濃度エピタキシャル層 81 のエッチン

- 21 -

- 22 -

グ量のばらつきは100人程度である。従って、低濃度エピタキシャル層81の膜厚均一性が10%程度とするとエピタキシャル層の厚さが1000人程度になるまでエッチングによるばらつきは問題とはならない。すなわち、膜厚均一性の良好なSOI層が容易に形成できる。しかも、接合濃度がエピタキシャル層81へ高濃度層83からの不純物の拡散の影響を受けることがない程度(本例では800℃以下)まで低温化が可能であるため、均一な精度で、かつ、エピタキシャル層81の濃度制御可能な範囲の濃度範囲でSOI層を形成することが可能となる。

なお、第4図中ではp形の半導体基板で説明したが、n型であってもよい。また、エピタキシャル層81の導電型と高濃度層83の導電型も同一のものであったが、異なるものであってもよい。

〔発明の効果〕

以上述べたように、本発明を採用することにより、従来法よりも比較的低い温度の加熱処理で所

望の強固な接合強度をもつ基板を得ることができるといふ優れた効果がある。

4. 図面の簡単な説明

第1図(a)~(c)は本発明第1実施例を示す工程図、第2図(a)~(c)は本発明第2実施例を示す工程図、第3図(a)は本発明第1実施例を適用して製造した半導体圧力センサの構造を示す断面図、第3図(b)は本発明第2実施例を適用して製造した半導体式圧力センサの構造を示す断面図、第4図(a)~(d)は本発明を適用した薄膜SOI半導体装置の製造方法を示す工程図、第5図は酸素プラズマ処理を加えたシリコン基板の表面状態を示す特性図、第6図は本発明による接合基板の接合強度を示す説明図、第7図(a)~(c)は従来方法を説明する工程順序図である。

10…第1半導体基板、11…プラズマ酸化層、20…第2半導体基板、21…プラズマ酸化層、22…酸化膜、30…真空系、31、32…電極、33…高周波電源、34…ガス導入口、40…真

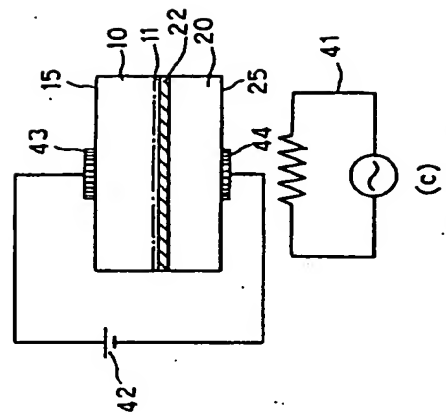
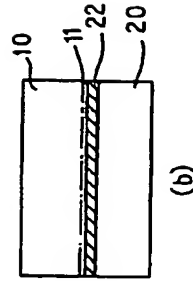
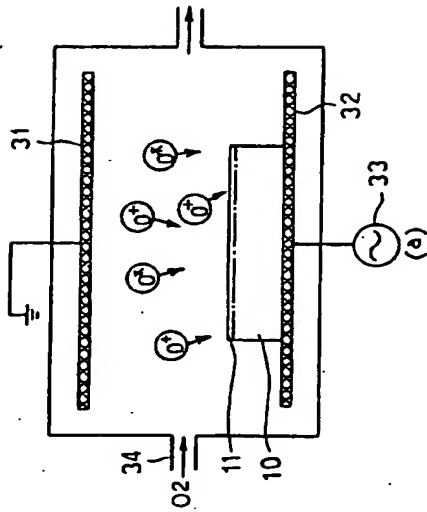
- 23 -

空系、41…ヒータ、42…直流電源、43、44…電極、50…検知部、52…拡散歪ゲージ、53…保護膜、56、57…配線電極、60…台座、63…酸化膜、70…導通孔、81…エピタキシャル層(SOI膜)、91…酸化膜、90…p型半導体基板。

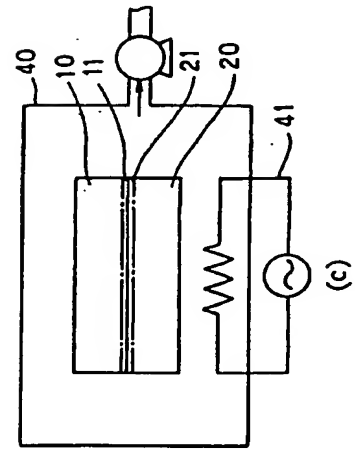
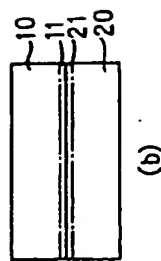
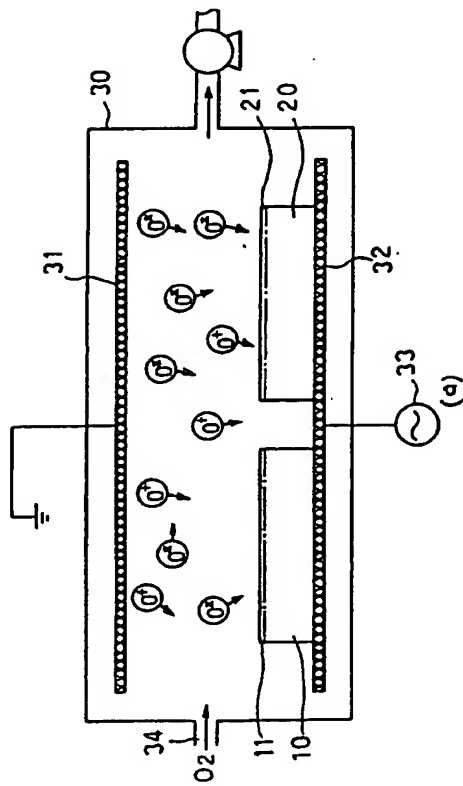
代理人弁理士 岡 部 隆
(ほか 1名)

- 24 -

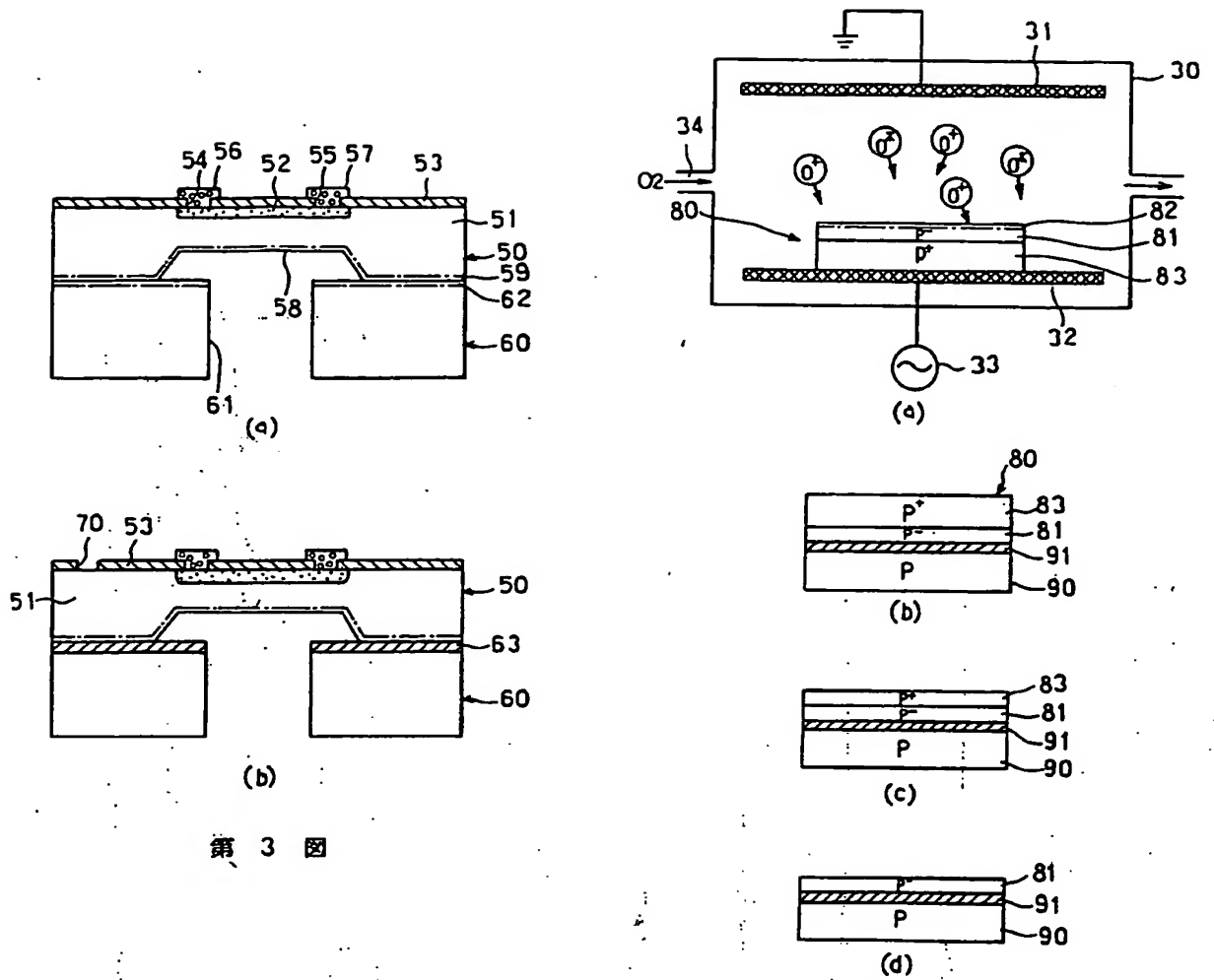
- 25 -



第 2 圖

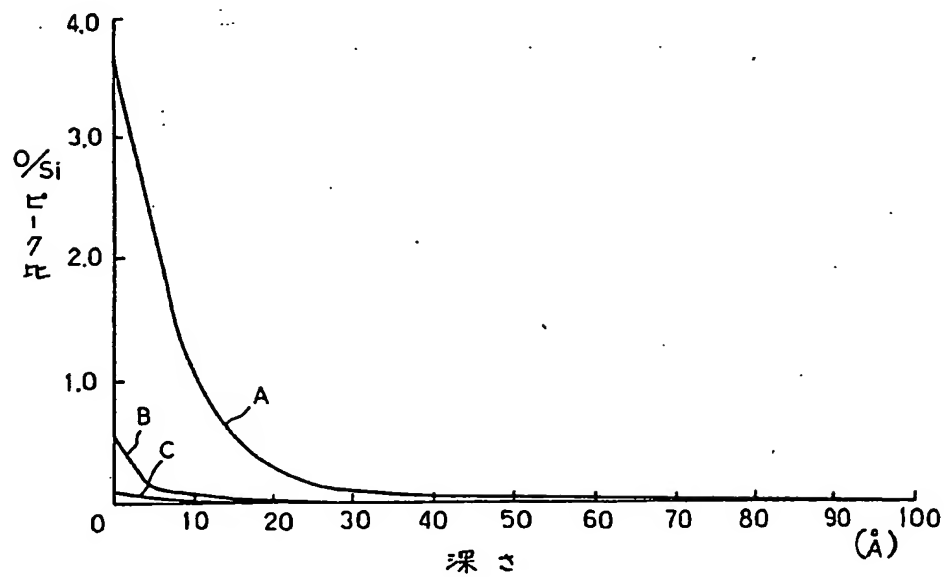


第 1 圖

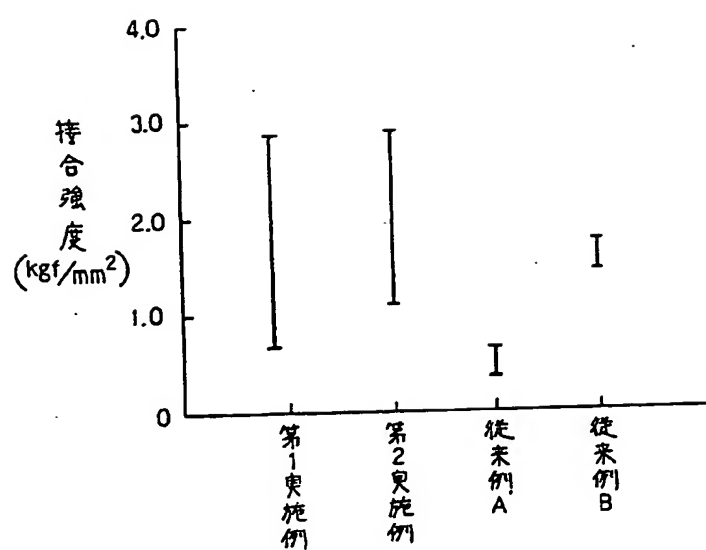


第 3 図

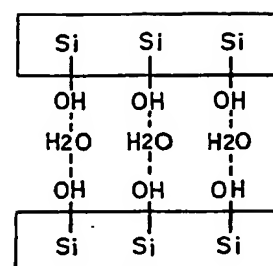
第 4 図



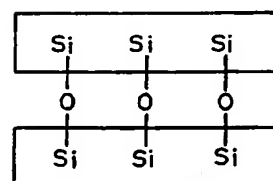
第 5 図



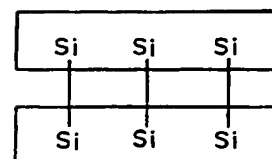
第 6 図



(d)



(b)



(c)

第 7 図